

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/308369015>

# The Importance of Development of Representational Competence in Chemical Problem Solving Using Interactive Multimedia

**Conference Paper** · November 2009

CITATIONS

3

READS

1,246

**1 author:**



**Ida Farida Ch**

UIN Sunan Gunung Djati Bandung

**14** PUBLICATIONS **5** CITATIONS

SEE PROFILE

**Some of the authors of this publication are also working on these related projects:**



Multiple Representation in Chemistry Education [View project](#)

## The Importance of Development of Representational Competence in Chemical Problem Solving Using Interactive Multimedia

*Ida Farida, Dra. M.Pd.*

*Study Program of Chemistry Education UIN Sunan Gunung Djati Bandung*

*Email : [farchemia65@gmail.com](mailto:farchemia65@gmail.com)*

**Abstract :** This paper examined various literature to describe the importance of development of representational competence within the context of chemical problem solving. Problem solving ability is one of high order thinking skills using representational competence. Representational competence is ability to connection each level of multiple representations in chemistry. Students can use chemical multiple representations to solve problems if they are able to formulate a mental image of objects or processes at the submicroscopic level that cannot be physically observed, relate them to macroscopic phenomena and express them in symbolic representation, or vice versa. Submicroscopic representation is a key factor in chemical multiple representations. The inability to represent aspects submicroscopic can hinder the ability to solve problems related to the phenomenon of macroscopic and symbolic representations. Students generally have difficulty in chemistry due to the inability to represent and give explanations about the structure and processes at the level submicroscopic. Optimal effort to develop this ability can be done using multimedia that integrates the three levels of chemical representations.

**Keywords:** representational competence, chemical multiple representation, problem solving, the three levels of chemical representations, interactive multimedia.

### Pendahuluan

Pada dua dekade terakhir ini, fokus studi pengembangan pendekatan belajar dan mengajar kimia lebih ditekankan pada tiga level representasi yaitu: makroskopik, submikroskopik dan simbolik. Pemahaman seseorang terhadap kimia ditunjukkan oleh kemampuannya mentransfer dan menghubungkan antara fenomena makroskopik, dunia submikroskopik dan representasi simbolik. Kemampuan pemecahan masalah kimia sebagai salah satu keterampilan berpikir tingkat tinggi menggunakan kemampuan representasi secara ganda (*multiple*) atau kemampuan pembelajar 'bergerak' antara berbagai mode representasi kimia. Representasi submikroskopik merupakan faktor kunci pada kemampuan tersebut. Ketidakmampuan merepresentasikan aspek submikroskopik dapat menghambat kemampuan memecahkan permasalahan yang berkaitan dengan fenomena makroskopik dan representasi simbolik (Russell & Kozma, 2005, Chittleborough & Treagust, 2007; Chandrasegaran, et.al, 2007).

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa umumnya pembelajar (siswa/mahasiswa) bahkan pada mahasiswa /siswa yang performansnya bagus dalam ujian mengalami kesulitan

dalam ilmu kimia akibat ketidak mampuan memvisualisasikan struktur dan proses pada level submikroskopik dan tidak mampu menghubungkannya dengan level representasi kimia yang lain. (Devetak, 2004; Chittleborough & Tregust, 2007; Orgill, MaryKay & Sutherland, 2008;).

Umumnya pembelajaran kimia hanya membatasi pada dua level representasi, yaitu makroskopik dan simbolik. Level berpikir mikroskopik dipelajari terpisah dari dua tingkat berpikir lainnya, siswa diharapkan dapat mengintegrasikan sendiri dengan melihat gambar-gambar yang ada dalam buku tanpa pengarahan dari guru. Selain itu, siswa juga lebih banyak belajar memecahkan soal matematis tanpa mengerti dan memahami maksudnya. Keberhasilan siswa dalam memecahkan soal matematis dianggap bahwa siswa telah memahami konsep kimia. Padahal, banyak siswa yang berhasil memecahkan soal matematis tetapi tidak memahami konsep kimianya karena hanya menghafal algoritmanya. Siswa cenderung hanya menghafalkan representasi *sub mikroskopik* dan *simbolik* yang bersifat abstrak (dalam bentuk deskripsi kata-kata) akibatnya tidak mampu untuk membayangkan bagaimana proses dan struktur dari suatu zat yang mengalami reaksi.

Studi kasus yang dilakukan Sopandi dan Murniati (2007) terhadap siswa SMA menunjukkan siswa sulit merepresentasikan level submikroskopik kesetimbangan ion pada larutan asam lemah, basa lemah, hidrolisis garam, dan larutan penyangga. Diduga kesulitan tersebut akibat kurang dikembangkannya representasi level submikroskopik melalui visualisasi yang tepat pada pembelajaran. Dugaan tersebut diperkuat kenyataan pengamatan di lapangan dan kajian literatur bahwa ; umumnya guru membatasi pada level representasi makroskopik dan simbolik dalam pembelajaran dengan harapan siswa dapat mengembangkan model dunia molekular dengan sendirinya.

Oleh karena itu perlu diupayakan pengembangan kemampuan representasional melalui pembelajaran. Berbagai penelitian menyatakan bahwa komputer dapat digunakan sebagai alat untuk dalam memvisualisasikan sistem dan proses molekular. Visualisasi molekular berbasis komputer dan animasi tiga dimensi yang diintegrasikan dalam pembelajaran dapat membantu pembelajar memiliki kemampuan representasional (Kozma & Russell, 2005).

Mengingat bagi dunia pendidikan kimia di Indonesia kemampuan ini belum mendapat perhatian untuk dikembangkan, maka makalah ini mengkaji apa , mengapa dan bagaimana upaya pengembangan kemampuan representasional dalam konteks pemecahan masalah kimia. Juga dikaji mengenai bagaimanakah karakteristik multimedia interaktif yang sesuai untuk pengembangan kemampuan representasional. Diharapkan selanjutnya dapat dilakukan

pengkajian lebih lanjut secara praktis bagaimana pengembangan kemampuan tersebut bagi pebelajar dengan memanfaatkan kemajuan teknologi informasi (ICT) .

### **Pengembangan Kemampuan Representasional dalam Belajar Sains/ Kimia Melalui Multimedia**

Pada masa kini, terjadi pertumbuhan kesepakatan dalam penelitian pendidikan sains bahwa belajar sains memerlukan praktik representasional dari materi subyek sains. Literasi sains dipahami sebagai mengetahui bagaimana cara menginterpretasikan dan mengkonstruksikan literasi sainsnya. Dari perspektif ini, belajar konsep dan metode ilmiah menuntut terjadinya pemahaman dan konseptualisasi yang menghubungkan konstruksi multiple representasi (Norris & Phillips *dalam* Waldrip, 2006).

Dalam konteks pemecahan masalah, Bodner dan Domin (*dalam* Rosengrant, et.al, 2006) membedakan internal representasi dengan eksternal representasi. Internal representasi merupakan cara seseorang yang memecahkan masalah menyimpan komponen-komponen internal dari masalah dalam pikirannya (*model mental*). Eksternal representasi adalah sesuatu yang berkaitan dengan simbolisasi atau merepresentasikan obyek atau dan/atau proses. Representasi ini digunakan untuk memanggil kembali pikiran melalui deskripsi, penggambaran atau imajinasi.

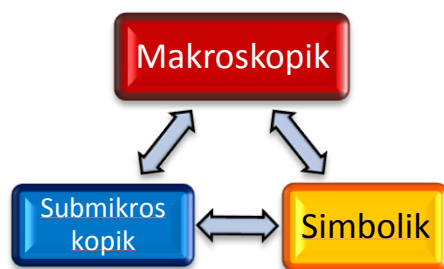
Waldrip,et.al (2006) menyatakan pengertian multiple representasi sebagai praktik merepresentasikan kembali (*re-representing*) konsep yang sama melalui berbagai bentuk, yang mencakup mode verbal, grafis dan numerik. Semua representasi eksternal seperti model-model, analogi, persamaan, grafik, diagram, gambar dan simulasi dapat memperlihatkan kata-kata, perhitungan matematik, visual dan/atau mode aksional-operasional.

Multiple representasi berfungsi sebagai instrumen untuk memberikan dukungan dan memfasilitasi terjadinya belajar bermakna dan belajar mendalam. Dengan menggunakan representasi berbeda dan mode pembelajaran berbeda dapat membuat konsep-konsep menjadi lebih mudah dipahami dan menyenangkan (*intelligible, plausible* dan *fruitful*) sehingga dapat meningkatkan motivasi pebelajar untuk belajar sains. Treagust (2008) mengkategorikan mode-mode dalam multiple representasi adalah analogi, pemodelan, diagram dan multimedia.

Berdasarkan karakteristik ilmu kimia, mode-mode representasi kimia diklasifikasikan dalam level representasi makroskopik, submikroskopik dan simbolik (Johnstone *dalam* Treagust, et.al, 2003). Representasi makroskopik yaitu representasi kimia yang diperoleh melalui pengamatan nyata terhadap suatu fenomena yang dapat dilihat dan dipersepsi oleh panca indra atau dapat berupa pengalaman sehari-hari pebelajar. Contohnya: terjadinya

perubahan warna, suhu, pH larutan, pembentukan gas dan endapan yang dapat diobservasi ketika suatu reaksi kimia berlangsung. Seorang pebelajar dapat merepresentasikan hasil pengamatan dalam berbagai mode representasi, misalnya dalam bentuk laporan tertulis, diskusi, presentasi oral, diagram vee, grafik dan sebagainya.

Representasi submikroskopik yaitu representasi kimia yang menjelaskan mengenai struktur dan proses pada level partikel (atom/molekular) terhadap fenomena makroskopik yang diamati. Representasi submikroskopik sangat terkait erat dengan model teoritis yang melandasi eksplanasi dinamika level partikel. Mode representasi pada level ini diekspresikan secara simbolik mulai dari yang sederhana hingga menggunakan teknologi komputer, yaitu menggunakan kata-kata, gambar dua dimensi, gambar tiga dimensi baik diam maupun bergerak (animasi) atau simulasi. Representasi simbolik yaitu representasi kimia secara kualitatif dan kuantitatif, yaitu rumus kimia, diagram, gambar, persamaan reaksi, stoikiometri dan perhitungan matematik.



Gambar 1. Bagan Hubungan Tiga Level Representasi Kimia

Kozma dan Russell (2005), menyatakan secara eksplisit kemampuan representasional sebagai suatu terminologi yang digunakan untuk menguraikan sejumlah keterampilan dan praktik yang merefleksikan penggunaan keanekaragaman representasi. Adapun indikator-indikatornya adalah: 1) menggunakan representasi untuk mendeskripsikan fenomena kimia berdasarkan entitas dan proses molekular; 2) menurunkan/memilih suatu representasi dan memberikan eksplanasi mengapa representasi itu sesuai untuk tujuan tertentu; 3) menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi dan menganalisis pola-pola fitur-fitur representasi tertentu (seperti : perilaku molekul dalam suatu animasi) ; 4) mendeskripsikan dan mengeksplanasi bagaimana representasi yang berbeda menyatakan sesuatu yang sama atau; 4) menghubungkan berbagai representasi dengan memetakan fitur-fitur suatu jenis representasi ke dalam jenis representasi lain dan dan mengeksplanasi hubungannya; 5) mengambil posisi epistemologi representasi yang sesuai atau memiliki perbedaan dari fenomena yang diobservasi dan 6) menggunakan representasi dan fitur-fiturnya dalam situasi sosial untuk membuat

inferensi dan prediksi tentang fenomena kimia yang diobservasi.

Struktur konseptual dari kemampuan-kemampuan tersebut diorganisasikan menjadi lima level kemampuan representasi mulai dari level terendah yang merupakan representasi fitur-fitur permukaan oleh pemula hingga karakteristik representasi oleh ahli, yaitu: 1) representasi sebagai penggambaran 2) keterampilan simbolisasi awal; 3) penggunaan sintaksis pada representasi formal; 4) penggunaan sintaksis pada representasi formal; 5) reflektif, penggunaan retorika pada representasi (Kozma & Russell, 2005; Vera, Michalchik, et.al., 2008).

Chittleborough & Treagust, (2007) menyatakan siswa tidak dapat menggunakan representasi kimia jika kurang mengapresiasi karakteristik pemodelan. Pemodelan dalam term kimia adalah representasi fisik atau komputasional dari komposisi dan struktur suatu molekul atau partikel (level submikroskopik). Representasi struktur suatu molekul atau model partikel (submikroskopik) tersebut dapat berupa model fisik, animasi atau simulasi. Kemampuan pemodelan tersebut sangat penting untuk mencapai keberhasilan menggunakan representasi kimia. Contohnya : ketika pebelajar memikirkan suatu model kimia, terbentuklah hubungan antara suatu analogi dan target yang dianalogikan sebagai representasi simbolik (yang dapat berbeda-beda jenisnya) dengan dua target real yaitu level submikroskopik (target 1) dan level makroskopik (target 2). Dalam hal ini representasi simbolik merupakan analogi dari level makro dan sub-mikroskopik yang menjadi target. Dualitas model dalam kimia yang secara signifikan berbeda itu seringkali tidak diperhatikan.

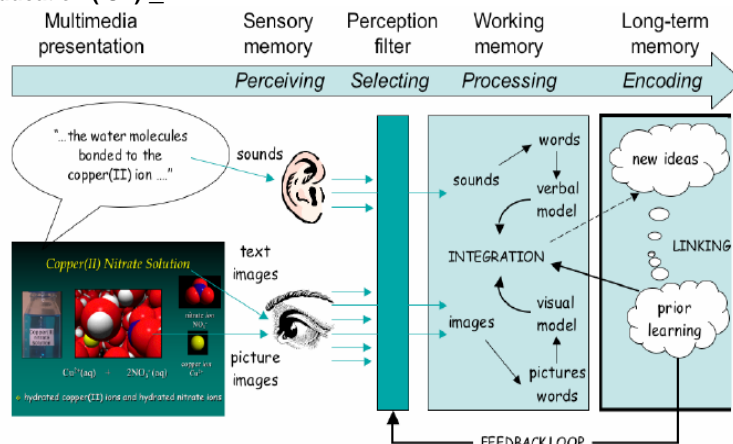
Umumnya dalam pembelajaran terjadi kecenderungan hanya menggunakan level representasi makroskopik dan simbolik. Penggunaan model-model kimia juga tidak selalu diapresiasi dengan menghubungkannya dengan dua target real yaitu level submikroskopik dan level makroskopik. Seringkali model-model hanya dipandang sebagai simbolisasi yang dimaknai dalam konteks matematik atau perhitungan. Hal tersebut itulah diduga dapat menyebabkan pebelajar terhambat untuk menguasai kemampuan representasional (Chittleborough & Treagust, 2007).

Berbagai penelitian pada dekade terakhir ini, menyatakan bahwa komputer dapat digunakan sebagai alat untuk membantu pembelajar memiliki kemampuan representasi dalam memvisualisasikan sistem dan proses molekular (Wu & Shah, 2004; Ardac & Akaygun, 2004; Kelly & Jones, 2005; Tasker & Dalton, 2006). Mengingat dunia molekular merupakan multipartikel yang bergerak dinamis dan pada keadaan padat maupun cair interaksi partikelnya rumit dan ruah, maka diperlukan visualisasi dunia molekular yang mendekati keakuratan. Simulasi, gambar grafis dan laboratorium berbasis mikro komputer telah digunakan sejak dua

dekade sebagai metode mengajar yang efektif, baik pada level Perguruan Tinggi maupun sekolah menengah. Penggunaan komputer memungkinkan terjadinya *display simultan* representasi molekular yang sesuai dengan observasi pada level submakroskopik. Visualisasi berbasis komputer dan animasi tiga dimensi merupakan alat pembelajaran yang dapat meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan spatial (Gilbert, 2005 ; Kozma & Russell, 2005). Demikian pula model molekular virtual menggunakan komputer (*Computerized Molecular Modeling*) yang diintegrasikan dalam pembelajaran dapat digunakan untuk membangun konsep, memvisualisasikan, dan mensimulasikan sistem dan proses pada level molecular.

Oleh karena itu, Tasker & Dalton (2006) menyarankan perlunya pengembangan desain pembelajaran yang dilandasi model sistem pemrosesan informasi multimedia yang merupakan pengembangan dari *teori kognitif Mayer* dan *teori situatif* . Teori kognitif berkaitan dengan transformasi eksternal simbolik representasi ke dalam mental representasi (model mental). Teori situatif berfokus pada pembelajaran sains sebagai suatu proses penyelidikan (inkuiri) dengan menggunakan wacana sosial dan representasi untuk mendukung proses tersebut. Kedua teori tersebut juga berimplikasi terhadap bagaimana menyusun desain pembelajaran yang dapat mendukung perolehan konsep dan prosedur pemecahan masalah.

Sistim pemrosesan informasi *audiovisual* diawali dengan masuknya informasi *verbal* dan *visual* melalui dua saluran terpisah pada *sensory memory* (sesuai asumsi dual channel). Kemudian terjadi seleksi melalui filter persepsi. Informasi verbal dan visual selanjutnya terintegrasi dan mengalami pemrosesan dalam memori kerja yang memiliki kapasitas terbatas; dan informasi ini mengalami pengkodean hingga menjadi pengetahuan baru yang tersimpan dalam *long-term memory* (LTM). Proses tersebut terjadi berulang dimana informasi yang sudah tersimpan dalam LTM dapat ditransfer ke situasi baru atau menjadi *prior knowledge* untuk perolehan kembali pengetahuan secara efisien. Representasi sistem pemrosesan informasi tersebut diilustrasikan dalam gambar berikut ini :



Gambar 2. Sistem Pemrosesan Informasi Audiovisual pada Belajar Melalui Multimedia (Tasker, & Dalton, 2006)

Berdasarkan penelitian terkini, jika sasaran mengajar kimia sebagai suatu proses penyelidikan atau untuk mengembangkan inkuiri, maka teori situatif dapat dijadikan argumen untuk menggunakan berbagai variasi representasi dalam konteks penyelidikan di laboratorium, menggunakannya untuk mengajukan pertanyaan, merencanakan percobaan, melaksanakan prosedur, analisis data dan menyajikan temuan. Software multimedia didesain agar menyediakan instruksi dengan *powerful tools* yang mendukung pebelajar melakukan penyelidikan tersebut.

### Aplikasi dan Pembahasan

Berdasarkan kajian teoritis dan revidi dari hasil-hasil kajian empirik di atas, dapat dilihat bahwa kurikulum kimia harus bertujuan memberikan bimbingan kepada pebelajar untuk menggunakan multiple representasi, baik secara verbal maupun visual agar dapat mengembangkan kemampuan representasionalnya. Upaya pengembangan kemampuan tersebut dapat ditempuh dengan menggunakan strategi dan media pembelajaran yang sesuai untuk membangun model mental. Visualisasi molekular berbasis komputer animasi dan simulasi yang diintegrasikan dalam pembelajaran dapat membantu pebelajar mengembangkan model mentalnya dan imajinasinya sehingga dapat meningkatkan kemampuan representasional. Penggabungan *tools* tersebut dalam pembelajaran dengan praktik di laboratorium dapat menolong siswa mengintegrasikan tiga level representasi kimia untuk pemahaman yang lebih baik mengenai fenomena.

Visualisasi menggunakan animasi dan simulasi dapat menolong pebelajar memahami



konsep-konsep yang sulit yang berhubungan dengan dinamika sistem kimia yang kompleks dengan mengkombinasikan multimedia interaktif (animasi dan simulasi) dengan eksperimen lab, sehingga mendukung siswa mengintegrasikan multiple representasi konsep-konsep kimia.

Oleh karena itu, strategi pembelajaran dilandasi prinsip-prinsip berikut ini : level *makroskopik* disajikan melalui kegiatan lab (demonstrasi atau praktikum) atau memperlihatkan fenomena dengan *simulasi* lab, kemudian diintegrasikan dengan level *submikroskopik* melalui visualisasi dunia molekuler dengan menggunakan media komputer (*animasi, simulasi* atau *software molekular*) ataupun media konvensional dengan *kit molekular*. Selanjutnya dihubungkan dengan level *simbolik* (melalui persamaan dan rumus kimia). Melalui strategi tersebut diharapkan siswa membentuk *model mental* yang dapat diadaptasikan untuk eksplanasi fenomena kimia yang serupa dan diaplikasikan ke dalam strategi pemecahan masalah.

Perlu dicermati beberapa kelemahan yang mungkin terjadi dalam penggunaan multimedia animasi sebagai bentuk pemodelan, karena bila dibuat tidak sesuai dengan konsep ilmiah dapat menyebabkan siswa tersesat belajar sehingga terjadi kesalahan pemahaman dan miskonsepsi : 1) pebelajar seringkali menginterpretasikan bentuk-bentuk dan gambar dalam animasi memiliki hubungan sebab akibat. Misalnya : pebelajar berasumsi bahwa warna dan bentuk merefleksikan realitas aktual dari item yang direpresentasikan, apalagi ketika bentuk dan warna merupakan simbolisasi dan idealisasi dari waktu dan ruang ; 2) fitur-fitur animasi sering kali diterima secara harafiah sehingga terjadi salah interpretasi, terutama bila eksplanasi yang jelas tidak tersedia secara memadai (Falvo, 2008 ; Kelly & Jones, 2005)

## Simpulan

1. Dalam pembelajaran kimia perlu dikembangkan kemampuan representasional pebelajar melalui desain pembelajaran yang disusun secara terstruktur memadukan eksperimen di laboratorium dengan bahan pembelajaran dan multi media interaktif yang terintegrasi dalam pembelajaran.
2. Multimedia dapat efektif membantu pebelajar mengembangkan kemampuan representasional bila didukung lingkungan belajar yang secara eksplisit mendemonstrasikan secara konseptual antara representasi pada level makroskopik, submikroskopik dan simbolik dalam konteks pemecahan masalah dan/atau inkuiri ilmiah

## Daftar Pustaka

Akselaa, Maija & Jan Lundell. (2008). Computer-based Molecular Modeling: Finnish School Teachers' Experiences and Views. *Chem. Edu. Res. &Prac.*, Vol : 9, 301–308

Ardac, Dilek & S. Akaygun. (2004). Effectiveness Of Multimedia-Based Instruction That Emphasizes Molecular Representations On Students' Understanding Of Chemical Change. *J. Res. Sci. Teach.* Vol. 41, No. 4, Pp. 317–337

Chandrasegaran, Treagust & Mocerino. (2007). Enhancing Students' Use Of Multiple Levels Of Representation To Describe And Explain Chemical Reactions. *School Science Review*, 88(325)

Chittleborough G. and Treagust D. F., (2007), The Modelling Ability Of Non-Major Chemistry Students And Their Understanding Of The Sub-Microscopic Level, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8, 274-292.

Devetak, Iztok, et.al. (2004). Submicroscopic Representations As A Tool For Evaluating Students' Chemical Conceptions. *Acta Chim. Slov.*, 51, 4, 799:814.

Falvo, D. (2008). Animations And Simulations For Teaching And Learning Molecular Chemistry. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 4(1), 68–77.

Kelly, R., & Jones, L. (2005) A qualitative study of how general chemistry students interpret features of molecular animations. Paper presented at the *National Meeting of the American Chemical Society, Washington, DC*.

Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education*. Volume 7. Dordrecht: Springer. pp. 121-145

Michalchik, V., Rosenquist, A., Kozma, R., Schank, P., & Kreikemeier, P. (2008). Representational resources for constructing shared understandings in the high school chemistry classroom. In : Gilbert, J.K, Reiner and Nakhleh (Eds.). *Visualization : Theory and Practice In Science Education. Models and Modelling In Science Education* . Vol :3. Dordrecht: Springer. 233-282

Orgill, MaryKay & Aynsley Sutherland (2008). Undergraduate Chemistry Students' Perceptions Of And Misconceptions About Buffers And Buffer Problems. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 9, 131–143.

Rosengrant, D., Van Heuleven, A., & Etkina, E. (2006). Students' use of multiple representations in problem solving. In P. Heron, L. McCullough & J. Marx, *Physics Education Research Conference (2005 AIP Conference Proceedings)* (pp. 49-52). Melville , NY : American Institute of Physics.

Savec, Vesca, F., et.al. (2006). In-Service And Pre-Service Teachers' Opinion On The Use Of Models In Teaching Chemistry. *Acta Chim. Slov.* 53, 381–390.

Tasker, Roy & Rebecca Dalton. (2006). Research Into Practice: Visualization Of The Molecular World Using Animations. *Chem. Educ. Res. Prac.* 7, 141-159.

Treagust, David F. (2008). The Role Of Multiple Representations In Learning Science: Enhancing Students' Conceptual Understanding And Motivation. In Yew-Jin And Aik-Ling (Eds). : *Science Education At The Nexus Of Theory And Practice*. Rotterdam - Taipei : Sense Publishers. pp 7-23

Treagust, David F., Chittleborough & Mamiala (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *Int. J. Sci. Educ.*, November 20 Vol. 25, No. 11, 1353–1368

Waldrup, Bruce., Prain & Carolan (2006). Learning Junior Secondary Science through Multi-Modal Representations. *Electronic Journal of Science Education Preview Publication* : Vol. 11, No. 1

Weerawardhana, Anula, Brian Ferry & Christine Brown (2006). Use Of Visualization Software To Support Understanding Of Chemical Equilibrium: The Importance Of Appropriate Teaching Strategies. *Proceedings Of The 23rd Annual Ascilite Conference*: The University of Sydney

### **The Importance of Development of Representational Competence in Chemical Problem Solving Using Interactive Multimedia**

Ida Farida, Dra. M.Pd.

Study Program of Chemistry Education UIN Sunan Gunung Djati Bandung

Email : [farchemia65@gmail.com](mailto:farchemia65@gmail.com)

**Abstract** : This paper examined various literature to describe the importance of development of representational competence within the context of chemical problem solving. Problem solving ability is one of high order thinking skills using representational competence. Representational competence is ability to connection each level of multiple representations in chemistry. Students can use chemical multiple representations to solve problems if they are able to formulate a mental image of objects or processes at the submicroscopic level that cannot be physically observed, relate them to macroscopic phenomena and express them in symbolic representation, or vice versa. Submicroscopic representation is a key factor in chemical multiple representations. The inability to represent aspects submicroscopic can hinder the ability to solve problems related to the phenomenon of macroscopic and symbolic representations. Students generally have difficulty in chemistry due to the inability to represent and give explanations about the structure and processes at the level submicroscopic. Optimal effort to develop this ability can be done using multimedia that integrates the three levels of chemical representations.

**Keywords**: representational competence, chemical multiple representation, problem solving, the three levels of chemical representations, interactive multimedia.

### **Pendahuluan**

Pada dua dekade terakhir ini, fokus studi pengembangan pendekatan belajar dan mengajar kimia lebih ditekankan pada tiga level representasi yaitu: makroskopik, submikroskopik dan simbolik. Pemahaman seseorang terhadap kimia ditunjukkan oleh

kemampuannya mentransfer dan menghubungkan antara fenomena makroskopik, dunia submikroskopik dan representasi simbolik. Kemampuan pemecahan masalah kimia sebagai salah satu keterampilan berpikir tingkat tinggi menggunakan kemampuan representasi secara ganda (*multiple*) atau kemampuan pebelajar 'bergerak' antara berbagai mode representasi kimia. Representasi submikroskopik merupakan faktor kunci pada kemampuan tersebut. Ketidakmampuan merepresentasikan aspek submikroskopik dapat menghambat kemampuan memecahkan permasalahan yang berkaitan dengan fenomena makroskopik dan representasi simbolik (Russell & Kozma, 2005, Chittleborough & Treagust, 2007; Chandrasegaran, et.al, 2007).

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa umumnya pembelajar (siswa/mahasiswa) bahkan pada mahasiswa /siswa yang performansnya bagus dalam ujian mengalami kesulitan dalam ilmu kimia akibat ketidak mampuan memvisualisasikan struktur dan proses pada level submikroskopik dan tidak mampu menghubungkannya dengan level representasi kimia yang lain. (Devetak, 2004; Chittleborough & Tregust, 2007; Orgill, MaryKay & Sutherland, 2008;).

Umumnya pembelajaran kimia hanya membatasi pada dua level representasi, yaitu makroskopik dan simbolik. Level berpikir mikroskopik dipelajari terpisah dari dua tingkat berpikir lainnya, siswa diharapkan dapat mengintegrasikan sendiri dengan melihat gambar-gambar yang ada dalam buku tanpa pengarahan dari guru. Selain itu, siswa juga lebih banyak belajar memecahkan soal matematis tanpa mengerti dan memahami maksudnya. Keberhasilan siswa dalam memecahkan soal matematis dianggap bahwa siswa telah memahami konsep kimia. Padahal, banyak siswa yang berhasil memecahkan soal matematis tetapi tidak memahami konsep kimianya karena hanya menghafal algoritmanya. Siswa cenderung hanya menghafalkan representasi *sub mikroskopik* dan *simbolik* yang bersifat abstrak (dalam bentuk deskripsi kata-kata) akibatnya tidak mampu untuk membayangkan bagaimana proses dan struktur dari suatu zat yang mengalami reaksi.

Studi kasus yang dilakukan Sopandi dan Murniati (2007) terhadap siswa SMA menunjukkan siswa sulit merepresentasikan level submikroskopik kesetimbangan ion pada larutan asam lemah, basa lemah, hidrolisis garam, dan larutan penyangga. Diduga kesulitan tersebut akibat kurang dikembangkannya representasi level submikroskopik melalui visualisasi yang tepat pada pembelajaran. Dugaan tersebut diperkuat kenyataan pengamatan di lapangan dan kajian literatur bahwa ; umumnya guru membatasi pada level representasi makroskopik dan simbolik dalam pembelajaran dengan harapan siswa dapat mengembangkan model dunia molekular dengan sendirinya.

Oleh karena itu perlu diupayakan pengembangan kemampuan representasional melalui pembelajaran. Berbagai penelitian menyatakan bahwa komputer dapat digunakan sebagai alat untuk dalam memvisualisasikan sistem dan proses molekular. Visualisasi molekular berbasis komputer dan animasi tiga dimensi yang diintegrasikan dalam pembelajaran dapat membantu pembelajar memiliki kemampuan representasional (Kozma & Russell, 2005).

Mengingat bagi dunia pendidikan kimia di Indonesia kemampuan ini belum mendapat perhatian untuk dikembangkan, maka makalah ini mengkaji apa, mengapa dan bagaimana upaya pengembangan kemampuan representasional dalam konteks pemecahan masalah kimia. Juga dikaji mengenai bagaimanakah karakteristik multimedia interaktif yang sesuai untuk pengembangan kemampuan representasional. Diharapkan selanjutnya dapat dilakukan pengkajian lebih lanjut secara praktis bagaimana pengembangan kemampuan tersebut bagi pembelajar dengan memanfaatkan kemajuan teknologi informasi (ICT).

### **Pengembangan Kemampuan Representasional dalam Belajar Sains/ Kimia Melalui Multimedia**

Pada masa kini, terjadi pertumbuhan kesepakatan dalam penelitian pendidikan sains bahwa belajar sains memerlukan praktik representasional dari materi subyek sains. Literasi sains dipahami sebagai mengetahui bagaimana cara menginterpretasikan dan mengkonstruksikan literasi sainsnya. Dari perspektif ini, belajar konsep dan metode ilmiah menuntut terjadinya pemahaman dan konseptualisasi yang menghubungkan konstruksi multiple representasi (Norris & Phillips *dalam* Waldrup, 2006).

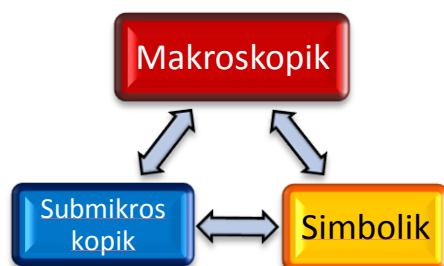
Dalam konteks pemecahan masalah, Bodner dan Domin (*dalam* Rosengrant, et.al, 2006) membedakan internal representasi dengan eksternal representasi. Internal representasi merupakan cara seseorang yang memecahkan masalah menyimpan komponen-komponen internal dari masalah dalam pikirannya (*model mental*). Eksternal representasi adalah sesuatu yang berkaitan dengan simbolisasi atau merepresentasikan obyek atau dan/atau proses. Representasi ini digunakan untuk memanggil kembali pikiran melalui deskripsi, penggambaran atau imajinasi.

Waldrup,et.al (2006) menyatakan pengertian multiple representasi sebagai praktik merepresentasikan kembali (*re-representing*) konsep yang sama melalui berbagai bentuk, yang mencakup mode verbal, grafis dan numerik. Semua representasi eksternal seperti model-model, analogi, persamaan, grafik, diagram, gambar dan simulasi dapat memperlihatkan kata-kata, perhitungan matematik, visual dan/atau mode aksional-operasional.

Multiple representasi berfungsi sebagai instrumen untuk memberikan dukungan dan memfasilitasi terjadinya belajar bermakna dan belajar mendalam. Dengan menggunakan representasi berbeda dan mode pembelajaran berbeda dapat membuat konsep-konsep menjadi lebih mudah dipahami dan menyenangkan (*intelligible, plausible* dan *fruitful*) sehingga dapat meningkatkan motivasi pebelajar untuk belajar sains. Treagust (2008) mengkategorikan mode-mode dalam multiple representasi adalah analogi, pemodelan, diagram dan multimedia.

Berdasarkan karakteristik ilmu kimia, mode-mode representasi kimia diklasifikasikan dalam level representasi makroskopik, submikroskopik dan simbolik (Johnstone *dalam* Treagust, et.al, 2003). Representasi makroskopik yaitu representasi kimia yang diperoleh melalui pengamatan nyata terhadap suatu fenomena yang dapat dilihat dan dipersepsi oleh panca indra atau dapat berupa pengalaman sehari-hari pebelajar. Contohnya: terjadinya perubahan warna, suhu, pH larutan, pembentukan gas dan endapan yang dapat diobservasi ketika suatu reaksi kimia berlangsung. Seorang pebelajar dapat merepresentasikan hasil pengamatan dalam berbagai mode representasi, misalnya dalam bentuk laporan tertulis, diskusi, presentasi oral, diagram vee, grafik dan sebagainya.

Representasi submikroskopik yaitu representasi kimia yang menjelaskan mengenai struktur dan proses pada level partikel (atom/molekular) terhadap fenomena makroskopik yang diamati. Representasi submikroskopik sangat terkait erat dengan model teoritis yang melandasi eksplanasi dinamika level partikel. Mode representasi pada level ini diekspresikan secara simbolik mulai dari yang sederhana hingga menggunakan teknologi komputer, yaitu menggunakan kata-kata, gambar dua dimensi, gambar tiga dimensi baik diam maupun bergerak (animasi) atau simulasi. Representasi simbolik yaitu representasi kimia secara kualitatif dan kuantitatif, yaitu rumus kimia, diagram, gambar, persamaan reaksi, stoikiometri dan perhitungan matematik.



Gambar 1. Bagan Hubungan Tiga Level Representasi Kimia

Kozma dan Russell (2005), menyatakan secara eksplisit kemampuan representasional sebagai suatu terminologi yang digunakan untuk menguraikan sejumlah keterampilan dan

praktik yang merefleksikan penggunaan keanekaragaman representasi. Adapun indikator-indikatornya adalah: 1) menggunakan representasi untuk mendeskripsikan fenomena kimia berdasarkan entitas dan proses molekular; 2) menurunkan/memilih suatu representasi dan memberikan eksplanasi mengapa representasi itu sesuai untuk tujuan tertentu; 3) menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi dan menganalisis pola-pola fitur-fitur representasi tertentu (seperti : perilaku molekul dalam suatu animasi) ; 4) mendeskripsikan dan mengeksplanasi bagaimana representasi yang berbeda menyatakan sesuatu yang sama atau; 4) menghubungkan berbagai representasi dengan memetakan fitur-fitur suatu jenis representasi ke dalam jenis representasi lain dan dan mengeksplanasi hubungannya; 5) mengambil posisi epistemologi representasi yang sesuai atau memiliki perbedaan dari fenomena yang diobservasi dan 6) menggunakan representasi dan fitur-fiturnya dalam situasi sosial untuk membuat inferensi dan prediksi tentang fenomena kimia yang diobservasi.

Struktur konseptual dari kemampuan-kemampuan tersebut diorganisasikan menjadi lima level kemampuan representasi mulai dari level terendah yang merupakan representasi fitur-fitur permukaan oleh pemula hingga karakteristik representasi oleh ahli, yaitu: 1) representasi sebagai penggambaran 2) keterampilan simbolisasi awal; 3) penggunaan sintaksis pada representasi formal; 4) penggunaan sintaksis pada representasi formal; 5) reflektif, penggunaan retorika pada representasi (Kozma & Russell , 2005 ;Vera, Michalchik, et.al. , 2008).

Chittleborough & Treagust, (2007) menyatakan siswa tidak dapat menggunakan representasi kimia jika kurang mengapresiasi karakteristik pemodelan. Pemodelan dalam term kimia adalah representasi fisik atau komputasional dari komposisi dan struktur suatu molekul atau partikel (level submikroskopik). Representasi struktur suatu molekul atau model partikel (submikroskopik) tersebut dapat berupa model fisik, animasi atau simulasi. Kemampuan pemodelan tersebut sangat penting untuk mencapai keberhasilan menggunakan representasi kimia. Contohnya : ketika pebelajar memikirkan suatu model kimia, terbentuklah hubungan antara suatu analogi dan target yang dianalogikan sebagai representasi simbolik (yang dapat berbeda-beda jenisnya) dengan dua target real yaitu level submikroskopik (target 1) dan level makroskopik (target 2). Dalam hal ini representasi simbolik merupakan analogi dari level makro dan sub-mikroskopik yang menjadi target. Dualitas model dalam kimia yang secara signifikan berbeda itu seringkali tidak diperhatikan.

Umumnya dalam pembelajaran terjadi kecenderungan hanya menggunakan level representasi makroskopik dan simbolik. Penggunaan model-model kimia juga tidak selalu diapresiasi dengan menghubungkannya dengan dua target real yaitu level submikroskopik dan

level makroskopik. Seringkali model-model hanya dipandang sebagai simbolisasi yang dimaknai dalam konteks matematik atau perhitungan. Hal tersebut itulah diduga dapat menyebabkan pebelajar terhambat untuk menguasai kemampuan representasional (Chittleborough & Treagust, 2007).

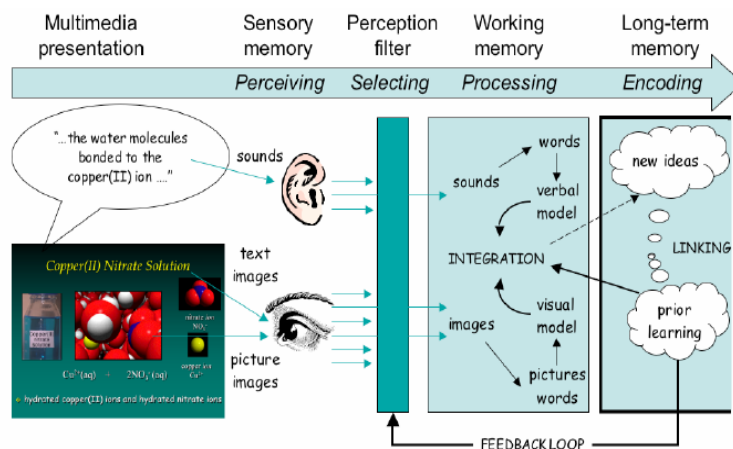
Berbagai penelitian pada dekade terahir ini, menyatakan bahwa komputer dapat digunakan sebagai alat untuk membantu pembelajar memiliki kemampuan representasi dalam memvisualisasikan sistem dan proses molekular (Wu & Shah, 2004; Ardac & Akaygun, 2004; Kelly & Jones, 2005; Tasker & Dalton, 2006). Mengingat dunia molekular merupakan multipartikel yang bergerak dinamis dan pada keadaan padat maupun cair interaksi partikelnya rumit dan ruah, maka diperlukan visualisasi dunia molekular yang mendekati keakuratan. Simulasi, gambar grafis dan laboratorium berbasis mikro komputer telah digunakan sejak dua dekade sebagai metode mengajar yang efektif, baik pada level Perguruan Tinggi maupun sekolah menengah. Penggunaan komputer memungkinkan terjadinya *display simultan* representasi molekular yang sesuai dengan observasi pada level submakroskopik. Visualisasi berbasis komputer dan animasi tiga dimensi merupakan alat pembelajaran yang dapat meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan spatial (Gilbert, 2005 ; Kozma & Russell, 2005). Demikian pula model molekular virtual menggunakan komputer (*Computerized Molecular Modeling*) yang diintegrasikan dalam pembelajaran dapat digunakan untuk membangun konsep, memvisualisasikan, dan mensimulasikan sistem dan proses pada level molecular.

Oleh karena itu, Tasker & Dalton (2006) menyarankan perlunya pengembangan desain pembelajaran yang dilandasi model sistem pemrosesan informasi multimedia yang merupakan pengembangan dari *teori kognitif Mayer* dan *teori situatif* . Teori kognitif berkaitan dengan transformasi eksternal simbolik representasi ke dalam mental representasi (model mental). Teori situatif berfokus pada pembelajaran sains sebagai suatu proses penyelidikan (inkuiri) dengan menggunakan wacana sosial dan representasi untuk mendukung proses tersebut. Kedua teori tersebut juga berimplikasi terhadap bagaimana menyusun desain pembelajaran yang dapat mendukung perolehan konsep dan prosedur pemecahan masalah.

Sistim pemrosesan informasi *audiovisual* diawali dengan masuknya informasi *verbal* dan *visual* melalui dua saluran terpisah pada *sensory memory* (sesuai asumsi dual channel). Kemudian terjadi seleksi melalui filter persepsi. Informasi verbal dan visual selanjutnya terintegrasi dan mengalami pemrosesan dalam memori kerja yang memiliki kapasitas terbatas; dan informasi ini mengalami pengkodean hingga menjadi pengetahuan baru yang tersimpan



dalam *long-term memory* (LTM). Proses tersebut terjadi berulang dimana informasi yang sudah tersimpan dalam LTM dapat ditransfer ke situasi baru atau menjadi *prior knowledge* untuk perolehan kembali pengetahuan secara efisien. Representasi sistem pemrosesan informasi tersebut diilustrasikan dalam gambar berikut ini :



Gambar 2. Sistem Pemrosesan Informasi Audiovisual pada Belajar Melalui Multimedia (Tasker, & Dalton, 2006)

Berdasarkan penelitian terkini, jika sasaran mengajar kimia sebagai suatu proses penyelidikan atau untuk mengembangkan inkuiri, maka teori situatif dapat dijadikan argumen untuk menggunakan berbagai variasi representasi dalam konteks penyelidikan di laboratorium, menggunakannya untuk mengajukan pertanyaan, merencanakan percobaan, melaksanakan prosedur, analisis data dan menyajikan temuan. Software multimedia didesain agar menyediakan instruksi dengan *powerful tools* yang mendukung pebelajar melakukan penyelidikan tersebut.

### Aplikasi dan Pembahasan

Berdasarkan kajian teoritis dan reviu dari hasil-hasil kajian empirik di atas, dapat dilihat bahwa kurikulum kimia harus bertujuan memberikan bimbingan kepada pebelajar untuk menggunakan multiple representasi, baik secara verbal maupun visual agar dapat mengembangkan kemampuan representasionalnya. Upaya pengembangan kemampuan tersebut dapat ditempuh dengan menggunakan strategi dan media pembelajaran yang sesuai untuk membangun model mental. Visualisasi molekular berbasis komputer animasi dan simulasi yang diintegrasikan dalam pembelajaran dapat membantu pebelajar mengembangkan model mentalnya dan imajinasinya sehingga dapat meningkatkan kemampuan representasional

. Penggabungan *tools* tersebut dalam pembelajaran dengan praktik di laboratorium dapat menolong siswa mengintegrasikan tiga level representasi kimia untuk pemahaman yang lebih baik mengenai fenomena.

Visualisasi menggunakan animasi dan simulasi dapat menolong pebelajar memahami konsep-konsep yang sulit yang berhubungan dengan dinamika sistem kimia yang kompleks dengan mengkombinasikan multimedia interaktif (animasi dan simulasi) dengan eksperimen lab, sehingga mendukung siswa mengintegrasikan multiple representasi konsep-konsep kimia.

Oleh karena itu, strategi pembelajaran dilandasi prinsip-prinsip berikut ini : level *makroskopik* disajikan melalui kegiatan lab (demonstrasi atau praktikum) atau memperlihatkan fenomena dengan *simulasi* lab, kemudian diintegrasikan dengan level *submikroskopik* melalui visualisasi dunia molekuler dengan menggunakan media komputer (*animasi*, *simulasi* atau *software molekular*) ataupun media konvensional dengan *kit molekular*. Selanjutnya dihubungkan dengan level *simbolik* (melalui persamaan dan rumus kimia). Melalui strategi tersebut diharapkan siswa membentuk *model mental* yang dapat diadaptasikan untuk eksplanasi fenomena kimia yang serupa dan diaplikasikan ke dalam strategi pemecahan masalah.

Perlu dicermati beberapa kelemahan yang mungkin terjadi dalam penggunaan multimedia animasi sebagai bentuk pemodelan, karena bila dibuat tidak sesuai dengan konsep ilmiah dapat menyebabkan siswa tersesat belajar sehingga terjadi kesalahan paham dan miskonsepsi : 1) pebelajar seringkali menginterpretasikan bentuk-bentuk dan gambar dalam animasi memiliki hubungan sebab akibat. Misalnya : pebelajar berasumsi bahwa warna dan bentuk merefleksikan realitas aktual dari item yang direpresentasikan, apalagi ketika bentuk dan warna merupakan simbolisasi dan idealisasi dari waktu dan ruang ; 2) fitur-fitur animasi sering kali diterima secara harafiah sehingga terjadi salah interpretasi, terutama bila eksplanasi yang jelas tidak tersedia secara memadai (Falvo, 2008 ; Kelly & Jones, 2005)

## Simpulan

3. Dalam pembelajaran kimia perlu dikembangkan kemampuan representasional pebelajar melalui desain pembelajaran yang disusun secara terstruktur memadukan eksperimen di laboratorium dengan bahan pembelajaran dan multi media interaktif yang terintegrasi dalam pembelajaran.
4. Multimedia dapat efektif membantu pebelajar mengembangkan kemampuan representasional bila didukung lingkungan belajar yang secara eksplisit mendemonstrasikan

secara konseptual antara representasi pada level makroskopik, submikroskopik dan simbolik dalam konteks pemecahan masalah dan/atau inkuiri ilmiah

## Daftar Pustaka

- Akselaa, Maija & Jan Lundell. (2008). Computer-based Molecular Modeling: Finnish School Teachers' Experiences and Views. *Chem. Edu. Res. &Prac.*, Vol : 9, 301–308
- Ardac, Dilek & S. Akaygun. (2004). Effectiveness Of Multimedia-Based Instruction That Emphasizes Molecular Representations On Students' Understanding Of Chemical Change. *J. Res. Sci. Teach.* Vol. 41, No. 4, Pp. 317–337
- Chandrasegaran, Treagust & Mocerino. (2007). Enhancing Students' Use Of Multiple Levels Of Representation To Describe And Explain Chemical Reactions. *School Science Review*, 88(325)
- Chittleborough G. and Treagust D. F., (2007), The Modelling Ability Of Non-Major Chemistry Students And Their Understanding Of The Sub-Microscopic Level, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8, 274-292.
- Devetak, Iztok, et.al. (2004). Submicroscopic Representations As A Tool For Evaluating Students' Chemical Conceptions. *Acta Chim. Slov.*, 51, 4, 799:814.
- Falvo, D. (2008). Animations And Simulations For Teaching And Learning Molecular Chemistry. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 4(1), 68–77.
- Kelly, R., & Jones, L. (2005) A qualitative study of how general chemistry students interpret features of molecular animations. Paper presented at the *National Meeting of the American Chemical Society, Washington, DC*.
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education*. Volume 7. Dordrecht: Springer. pp. 121-145
- Michalchik, V., Rosenquist, A., Kozma, R., Schank, P., & Kreikemeier, P. (2008). Representational resources for constructing shared understandings in the high school chemistry classroom. In : Gilbert, J.K, Reiner and Nakhleh (Eds.). *Visualization : Theory and Practice In Science Education. Models and Modelling In Science Education* . Vol :3. Dordrecht: Springer. 233-282
- Orgill, MaryKay & Aynsley Sutherland (2008). Undergraduate Chemistry Students' Perceptions Of And Misconceptions About Buffers And Buffer Problems. *Chem. Educ. Res. Pract.*, ,9, 131–143.
- Rosengrant, D., Van Heuleven, A., & Etkina, E. (2006). Students' use of multiple representations in problem solving. In P. Heron, L. McCullough & J. Marx, *Physics Education Research Conference (2005 AIP Conference Proceedings)* (pp. 49-52). Melville , NY : American Institute of Physics.

Savec, Vesca, F., et.al. (2006). In-Service And Pre-Service Teachers' Opinion On The Use Of Models In Teaching Chemistry. *Acta Chim. Slov.* 53, 381–390.

Tasker, Roy & Rebecca Dalton. (2006). Research Into Practice: Visualization Of The Molecular World Using Animations. *Chem. Educ. Res. Prac.* 7, 141-159.

Treagust, David F. (2008). The Role Of Multiple Representations In Learning Science: Enhancing Students' Conceptual Understanding And Motivation. In Yew-Jin And Aik-Ling (Eds). : *Science Education At The Nexus Of Theory And Practice*. Rotterdam - Taipei : Sense Publishers. pp 7-23

Treagust, David F., Chittleborough & Mamiala (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *Int. J. Sci. Educ.*, November 20 Vol. 25, No. 11, 1353–1368

Waldrip, Bruce., Prain & Carolan (2006). Learning Junior Secondary Science through Multi-Modal Representations. *Electronic Journal of Science Education Preview Publication* : Vol. 11, No. 1

Weerawardhana, Anula, Brian Ferry & Christine Brown (2006). Use Of Visualization Software To Support Understanding Of Chemical Equilibrium: The Importance Of Appropriate Teaching Strategies. *Proceedings Of The 23rd Annual Ascilite Conference*: The University of Sydney